

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 39 37 966 A 1

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 01 L 5/18**  
G 01 L 5/16  
G 01 N 19/02  
// G01L 1/16,1/20

**DE 39 37 966 A 1**

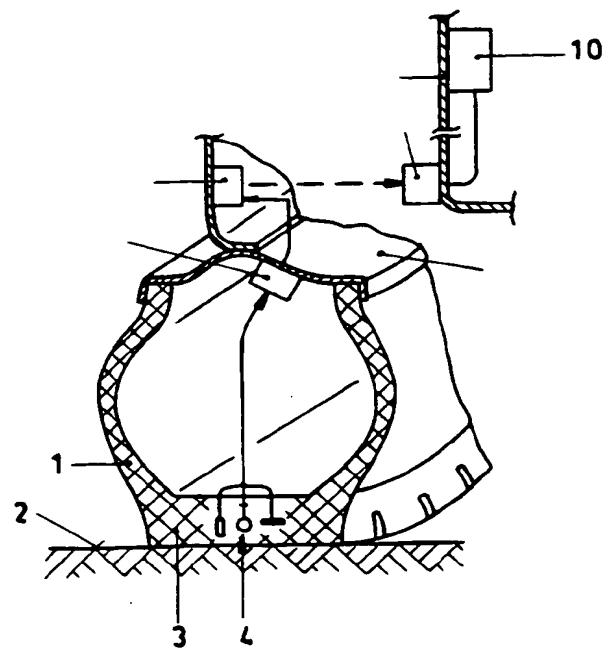
(21) Aktenzeichen: P 39 37 966.3  
(22) Anmeldetag: 15. 11. 89  
(43) Offenlegungstag: 16. 5. 91

(71) Anmelder:  
Breuer, Bert, Prof. Dr.-Ing., 6104 Seeheim, DE  
  
(74) Vertreter:  
Katscher, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 6100 Darmstadt

(72) Erfinder:  
Breuer, Bert, Prof. Dr.-Ing., 6104 Seeheim, DE;  
Seibert, Wolfram, Dr.-Ing., 6100 Darmstadt, DE;  
Roth, Jürgen, Dipl.-Ing., 8752 Saimau, DE

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Kraftschlußverhältnisse zwischen Fahrzeugreifen und Fahrbahn

Zur Bestimmung der Kraftschlußverhältnisse zwischen einem Fahrzeugreifen (1) und der Fahrbahn (2) wird im Reifenprotektor (3) mindestens ein Sensor (4) angeordnet, der beim Durchlaufen des Reifenlatsches die Verläufe der lokalen Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen in horizontaler Richtung und in Normalrichtung erfäßt. Die Meßsignale des Sensors (4) werden an eine Auswerteeinrichtung (10) übertragen. Dort wird aus diesen Meßsignalen sowohl der derzeit beanspruchte Kraftschlußbeiwert als auch der maximal mögliche Kraftschlußbeiwert zwischen dem Fahrzeugreifen (1) und der Fahrbahn (2) ermittelt.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Kraftschlußverhältnisse zwischen Fahrzeugreifen und Fahrbahn sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Die zwischen den Fahrzeugreifen eines Kraftfahrzeugs und der Fahrbahn in Längsrichtung und Querrichtung auftretenden Kräfte (Beschleunigungs- bzw. Verzögerungskräfte, Seitenführungskräfte) werden durch den Kraftschluß (Reibung) zwischen den Fahrzeugreifen und der Fahrbahn übertragen. Der Maximalwert des Kraftschlusses bestimmt daher die Grenzen eines stabilen Fahrbetriebs.

Für den Fahrer eines Kraftfahrzeugs ist es daher wichtig, zur Einhaltung eines stabilen Fahrverhaltens des Fahrzeugs den tatsächlichen Kraftschlußbeiwert unterhalb des maximalen Kraftschlußbeiwertes zu halten. Der Kraftschlußbeiwert ist als das Verhältnis der parallel zur Fahrbahn wirkenden Horizontalkraft (Reibkraft) zur vertikal wirkenden Normalkraft definiert. Zur gesonderten Betrachtung der Kraftschlußverhältnisse in Reifenumfangsrichtung und in Querkraftrichtung kann der Kraftschlußbeiwert in eine Umfangskomponente bzw. Längskomponente und eine Querkomponente zerlegt werden.

Es ist bekannt, durch Messung der in die Radaufhängung eingeleiteten Kräfte oder der auftretenden Beschleunigungen den Kraftschlußbeiwert als integralen Wert über den gesamten Reifenlatsch (Berührungsfläche zwischen Reifen und Fahrbahn) zu bestimmen. Dieses Verfahren kann aber eine Aussage über den durch die jeweiligen Fahrbahnverhältnisse bestimmten, in einem weiten Bereich veränderlichen maximalen Kraftschlußbeiwert nur dann liefern, wenn so hohe Kräfte eingeleitet werden, daß der maximale Kraftschlußbeiwert erreicht wird. In der Praxis bedeutet dies beispielsweise, daß der Fahrer die Fahrzeugräder bis in Bereiche hohen Schlupfes (große Gleitgeschwindigkeit) abremst, um anhand der erreichbaren Bremsverzögerung festzustellen, welcher maximale Kraftschlußbeiwert verfügbar ist. Da aber das Erreichen bzw. Überschreiten dieses Grenzwertes des Kraftschlusses bereits eine Gefahrensituation hervorrufen kann, weil sich das Fahrzeug nicht mehr stabil auf dem vorgegebenen Kurs steuern läßt (z. B. bei Kurvenfahrt), ist dieses Verfahren abzulehnen. Auch wenn eine laufende Messung der in das Fahrzeugrad eingeleiteten Kräfte erfolgt, ist das bekannte Verfahren nicht dazu geeignet, zur Überwachung der Fahrdynamik automatisch auswertbare Signale zu liefern, da die während des normalen Fahrtriebs eingeleiteten Kräfte unterhalb der durch den maximalen Kraftschlußbeiwert vorgegebenen Grenzen liegen. Für Verfahren, die unter anderem aus der Raddrehzahl (z. B. ABS-Systeme) den maximalen Kraftschlußbeiwert bestimmen, gelten die gleichen bereits genannten Einschränkungen.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Gattung zu schaffen, mit denen es möglich ist, auch im normalen Fahrbetrieb eine laufende und automatische Bestimmung der Kraftschlußverhältnisse in der Weise durchzuführen, daß bereits eine Annäherung des jeweils derzeit beanspruchten Kraftschlußbeiwertes an den maximal möglichen Beiwert und damit die Grenze des stabilen Fahrbetriebs frühzeitig und noch vor dem Erreichen erkannt wird.

Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß dadurch gelöst,

daß die Verläufe der lokalen Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen an einer oder mehreren Meßstelle im Reifen in mindestens einer horizontalen Richtung und in Normalrichtung beim Durchlaufen des Reifenlatsches erfaßt und zur Bestimmung des derzeit beanspruchten und des maximal möglichen Kraftschlußbeiwerts ausgewertet werden.

Es wurde nämlich erkannt, daß infolge des für eine Kraftübertragung zwischen Fahrzeugreifen und Fahrbahn notwendigen Schlupfes zwischen dem Fahrzeugreifen und der Fahrbahn im Bereich des Reifenlatsches unterschiedlich hohe lokale Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen, aus deren räumlichem Verlauf nicht nur der derzeit beanspruchte Kraftschlußbeiwert bestimmt, sondern auch Schlüsse auf den maximal möglichen Kraftschlußbeiwert gezogen werden können.

Die Auswertung der erhaltenen Werte kann vorzugsweise in der Weise erfolgen, daß das Verhältnis des derzeit beanspruchten Kraftschlußbeiwerts und des ma-

ximal möglichen Kraftschlußbeiwerts gebildet wird, um die derzeitige Kraftschlußausnutzung bzw. die derzeitige Sicherheit des Fahrbetriebs zu ermitteln. Dieses Ergebnis kann unmittelbar zu einer Anzeige oder Alarmauslösung verwendet werden, um den Fahrer zu warnen, wenn er sich dem Grenzbereich des stabilen Fahrverhaltens nähert. Es ist auch möglich, dieses Ergebnis in Fahrzeug- bzw. Verkehrsregelsystemen zu verwenden. Die Bestimmung der Kraftschlußausnutzung bzw. der Sicherheit als deren Kehrwert läßt eine Früherkennung schwieriger oder sogar unmöglicher Fahrmanöver zu und ermöglicht es, gefährliche und unfallträchtige Fahrensituationen zu vermeiden. Damit ist ein erheblicher Zugewinn an Verkehrssicherheit zu erzielen.

Dieser räumliche Verlauf des Kraftschlußbeiwertes wird gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung in besonders einfacher Weise dadurch erfaßt, daß die Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen an einer Meßstelle im Reifenprofilsektor in ihrem zeitlichen Verlauf erfaßt werden, während diese Meßstelle den Reifenlatsch durchläuft. Diese zeitlichen Verläufe geben unmittelbar die entsprechenden räumlichen Verläufe im Reifenlatsch wieder. Es ist aber auch möglich, an mehreren Meßstellen im Reifen gleichzeitig und nur einmalig je Umdrehung zu messen und auszuwerten und so auf die örtlich in der Kontaktfläche vorliegenden Verhältnisse zu schließen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfundungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß die Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen in der Reifenumfangsrichtung und in der Querrichtung erfaßt werden. Damit ist in meßtechnisch besonders einfacher Weise unmittelbar eine getrennte Auswertung der Kraftschlußverhältnisse in Umfangsrichtung mit Auswirkungen auf die Beschleunigung bzw. Verzögerung und in Querrichtung mit Auswirkung auf die Seitenführungskräfte möglich.

Eine erfundungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß im Reifen im Bereich des Laufstreifens mindestens ein Sensor angeordnet ist, der die dort auftretenden lokalen Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen erfaßt und über eine Signalübertragungseinrichtung Meßsignale an eine Auswerteeinrichtung liefert. Ob hierbei die lokalen Spannungen oder die lokalen Dehnungen bzw. Verformungen erfaßt werden, hängt von der Bauart des jeweils verwendeten Sensors ab. Hierfür sind sehr unterschiedliche Ausführungsformen möglich. Vorausgesetzt ist vorgesehen, daß der Sensor bzw. die Sen-

soren im Bereich des Laufstreifens des Reifens eingebettet ist bzw. sind.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Erfindungsgedankens sind Gegenstand weiterer Unteransprüche.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert, die in der Zeichnung dargestellt sind. Es zeigt:

**Fig. 1** in vereinfachter Darstellungsweise einen Fahrzeugreifen im Schnitt mit einer Vorrichtung zur Bestimmung der Kraftschlußverhältnisse,

**Fig. 2** einen vergrößerten vereinfachten Ausschnitt aus dem Reifenlatsch des Fahrzeugreifens nach **Fig. 1**, wobei piezoelektrische Geber als Sensor verwendet werden,

**Fig. 3** in einer Darstellung ähnlich der **Fig. 2** eine andere Ausführungsform des Sensors,

**Fig. 4** in einer Darstellung ähnlich den **Fig. 2** und **3** eine Ausführung des Sensors mit auf Abstandsänderungen ansprechenden Sendern und Empfänger und

**Fig. 5** eine weitere Ausführungsform eines Sensors mit einem in den Reifenprotektor ragenden Taststift.

Die in **Fig. 1** in stark vereinfachter Weise dargestellte Vorrichtung zur Bestimmung der Kraftschlußverhältnisse zwischen einem Fahrzeugreifen 1 und einer Fahrbahn 2 weist im Protektor 3 des Fahrzeugsreifens 1, und zwar vorzugsweise innerhalb eines Profilstollens, einen Sensor 4 auf, dessen prinzipieller Aufbau später noch näher erläutert wird.

Der Sensor 4 erfaßt die zeitlichen Verläufe der lokalen Spannungen in Umfangsrichtung, in Querrichtung und in Normalrichtung an einer Meßstelle im Laufstreifen, während diese Meßstelle beim Abrollen des Fahrzeugreifens 1 auf der Fahrbahn 2 den Reifenlatsch durchläuft. Die vom Sensor 4 gelieferten Signale werden zu einem Verstärker 5 an der Felge 6 des Fahrzeugsrades geleitet und gelangen von dort zu einem ebenfalls an der Felge 6 angebrachten Signalsender 7. Von diesem Signalsender 7 werden die Meßsignale auf einen am Fahrzeugaufbau 8 angebrachten Signalempfänger 9 elektrisch übertragen. Diese Übertragung kann berührungslos, beispielsweise induktiv oder über ein frequenzmoduliertes Signal, oder auch über Schleifringe erfolgen. Vom Signalempfänger 9 werden die Meßsignale zu einer Auswerteeinrichtung 10 geleitet. In der Auswerteeinrichtung 10 wird aus dem zeitlichen Verlauf der Meßsignale, die eine Aussage über die räumliche Verteilung der lokalen Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen im Reifenlatsch ermöglichen, auf den derzeit beanspruchten Kraftschlußbeiwert und insbesondere auf den maximal möglichen Kraftschlußbeiwert geschlossen. Das in der Auswerteeinrichtung 10 bzw. einer weiteren Signalverarbeitungseinrichtung ermittelte Verhältnis des derzeit beanspruchten und des maximal möglichen Kraftschlußbeiwertes ergibt einen Wert für die jeweilige Kraftschlußausnutzung bzw. Sicherheit.

**Fig. 2** zeigt vereinfacht die Anordnung der den Sensor 4 in **Fig. 1** bildenden drei piezoelektrischen Geber 4a, 4b und 4c. Der Geber 4a erfaßt die Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen in x-Richtung, d. h. in Reifenumfangsrichtung; der Geber 4b erfaßt die Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen in y-Richtung, d. h. in Querrichtung, der Geber 4c erfaßt die Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen in z-Richtung, d. h. in Normalrichtung.

Der in **Fig. 3** vereinfacht dargestellte, anstelle des Sensors 4 in **Fig. 1** verwendbare Sensor 11, der ebenfalls im Laufstreifen 3 des Reifens eingebettet ist, weist einen

mit Dehnungsmeßstreifen 11a, 11b und 11c bestückten Verformungskörper 11d auf, der bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel als elastisch verformbare Dose ausgeführt ist, deren Wände die Dehnungsmeßstreifen 11a, 11b und 11c tragen. Ebenso wie die piezoelektrischen Geber 4a, 4b und 4c nach **Fig. 2** sind auch die Dehnungsmeßstreifen 11a, 11b und 11c nach **Fig. 3** so angeordnet, daß sie unterschiedliche, vorzugsweise in den rechtwinklig zueinander verlaufenden Achsen x, y und z liegende Wirkrichtungen aufweisen.

Einen anderen Sensoraufbau zeigt **Fig. 4**. Im Laufstreifen 3 ist als Sender ein Permanentmagnet 12 eingebettet, der seine Lage je nach den auftretenden Verformungen ändert. An der Reifeninnenseite 13 sind als Empfänger beispielsweise vier Hallgeneratoren 14 angeordnet, die auf Änderungen des Abstands zum Sender 12 ansprechen. Die Meßsignale der Hallgeneratoren 14 liefern in der hier stark vereinfacht angedeuteten Auswerteeinrichtung 10 eine Information über Änderungen der räumlichen Lage des Senders 12, die durch die auftretenden lokalen Dehnungen bzw. Verformungen im Reifenprofil verursacht werden. Daraus kann unmittelbar auf die lokalen Spannungen und somit auf den augenblicklichen beanspruchten und dem maximal verfügbaren Kraftschlußbeiwert geschlossen werden. Sender und Empfänger können bei dieser Anordnung auch vertauscht werden.

Bei dem in **Fig. 5** dargestellten Sensor 15 ragt ein Taststift 16 durch die Reifenkarkasse 17 bis in einen Profilstollen 18 des Reifenprotektors 3. Der Taststift 16 trägt an seinem in das Reifeninnere ragenden Ende als Sender 19 beispielsweise vier Permanentmagnete. Ein Sensorgehäuse 20 ist mittels Stiften 21 in der Karkasse 17 verankert und trägt als Empfänger 22 vier Hallgeneratoren.

Die im Profilstollen 18 auftretenden lokalen horizontalen bzw. vertikalen Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen verursachen eine proportionale Schwenkbewegung bzw. Hubbewegung des in der Karkasse 17 gelagerten Taststiftes 16 und somit eine Abstandsänderung zwischen den Magneten 19 und den Hallgeneratoren 22. Hierdurch wird – ähnlich wie bei der Vorrichtung nach **Fig. 4** – eine Änderung der Hallspannung hervorgerufen, die als Meßsignal an die Auswerteeinrichtung 10 in der schon beschriebenen Weise übertragen wird.

Über die dargestellten Ausführungsbeispiele hinaus ist zusammenfassend festzustellen, daß die lokalen Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen an der Meßstelle bzw. den Meßstellen im Reifen absolut oder relativ gemessen werden können. Das zu messende Signal kann auf den jeweils verwendeten Sensor direkt (ohne Zwischenglied) oder indirekt (über ein Zwischenstück) einwirken. Die lokal auftretenden Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen werden durch den Sensor als mechanische Spannung (Druck-, Schubspannung) bzw. als wirkende Kraft oder als Wegänderung mittels des Sender-Empfängerprinzips erfaßt. Der Sensor kann bereits bei der Reifenfertigung vor dem Vulkanisationsprozeß oder auch nachträglich angebracht werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Kraftschlußverhältnisse zwischen Fahrzeugreifen und Fahrbahn, dadurch gekennzeichnet, daß die Verläufe der lokalen Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verfor-

mungen an einer oder mehreren Meßstellen im Reifen in mindestens einer horizontalen Richtung und in Normalrichtung beim Durchlaufen des Reifenlatsches erfaßt und zur Bestimmung des derzeit beanspruchten und des maximal möglichen Kraftschlußbeiwertes ausgewertet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitlichen Verläufe die Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen an einer Meßstelle erfaßt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen an mehreren Meßstellen gleichzeitig erfaßt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen in der Reifenumfangsrichtung und in der Querrichtung und in der Normalrichtung erfaßt werden.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Reifen im Bereich des Laufstreifens (3) mindestens ein Sensor (4, 11, 12, 14, 15) angeordnet ist, der die dort auftretenden lokalen Spannungen bzw. Dehnungen bzw. Verformungen erfaßt und über eine Signalübertragungseinrichtung (5, 7, 9) Meßsignale an eine Auswerteeinrichtung (10) liefert.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (4, 11, 12) bzw. die Sensoren im Bereich des Laufstreifens des Reifens eingebettet ist bzw. sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (4) mehrere piezoelektrische Geber (4a, 4b, 4c) mit unterschiedlichen Wirkrichtungen aufweist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor mehrere jeweils mit Dehnungsmeßstreifen (11a, 11b, 11c) bestückte Verformungskörper aufweist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (11) eine elastisch verformbare Dose (11d) aufweist, die mit Dehnungsmeßstreifen (11a, 11b, 11c) unterschiedlicher Wirkrichtung bestückt ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor einen im Bereich des Laufstreifens (3) des Reifens eingebetteten Sender (12) und an der Reifeninnenseite (13) mehrere auf Abstandsänderungen zum Sender (12) ansprechende Empfänger (14) aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (15) einen durch die Reifenkarsse (17) bis in den Laufstreifen (3) des Reifens ragenden Taststift (16) aufweist, der an seinem Ende einen mindestens Sender (19) trägt und daß im Reifeninneren mindestens ein auf Abstandsänderungen zum Sender (19) ansprechender Empfänger (22) angeordnet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Sender (12, 19) ein Permanentmagnet ist und die Empfänger (14, 22) Halogenatoren sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalübertragungseinrichtung einen am Reifen oder an der Felge des Fahrzeugrades angebrachten Signalsender (7) und einen am

Fahrzeug angebrachten Signalempfänger (9) aufweist, der mit der Auswerteeinrichtung (10) elektrisch verbunden ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

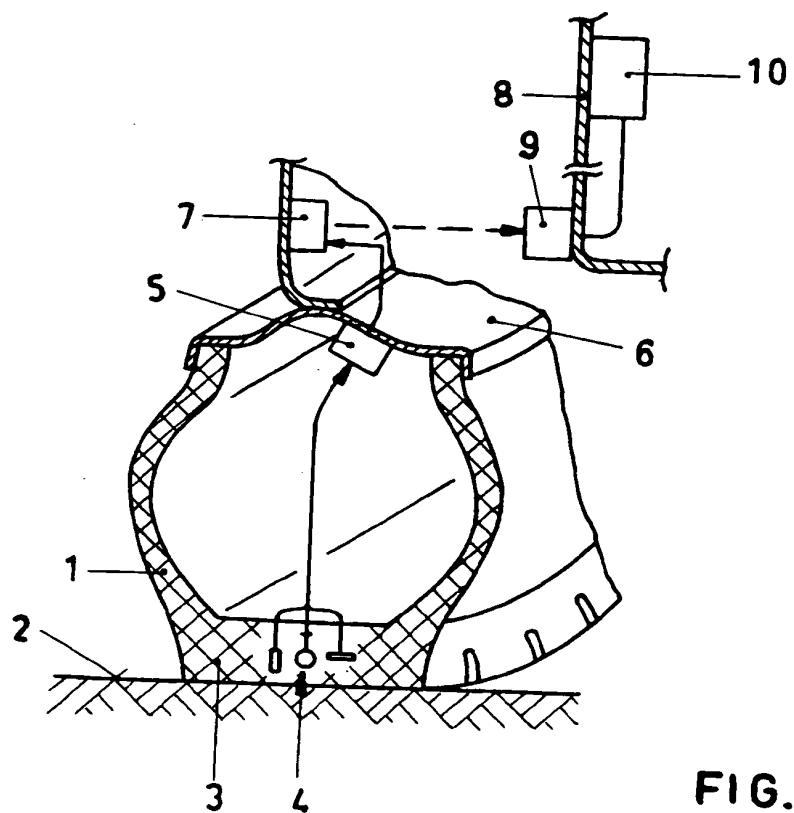


FIG. 1

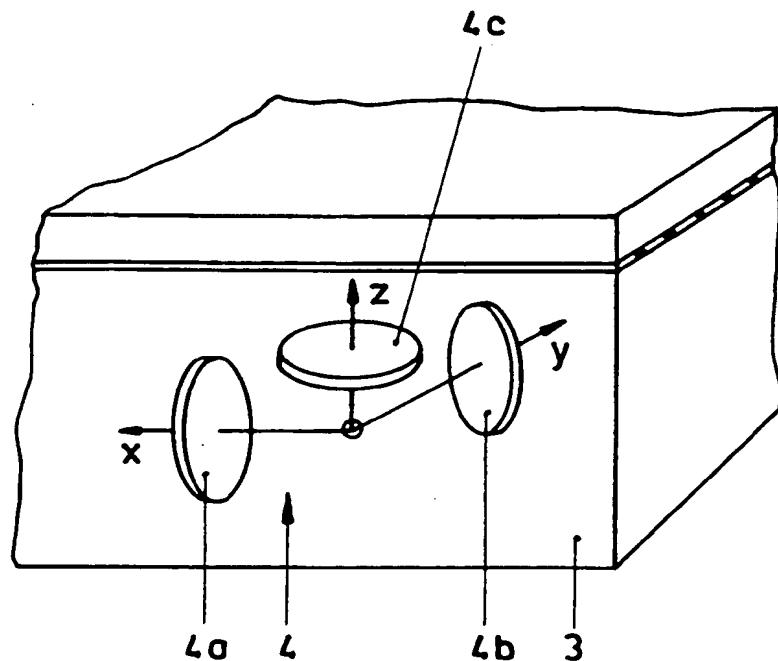


FIG. 2

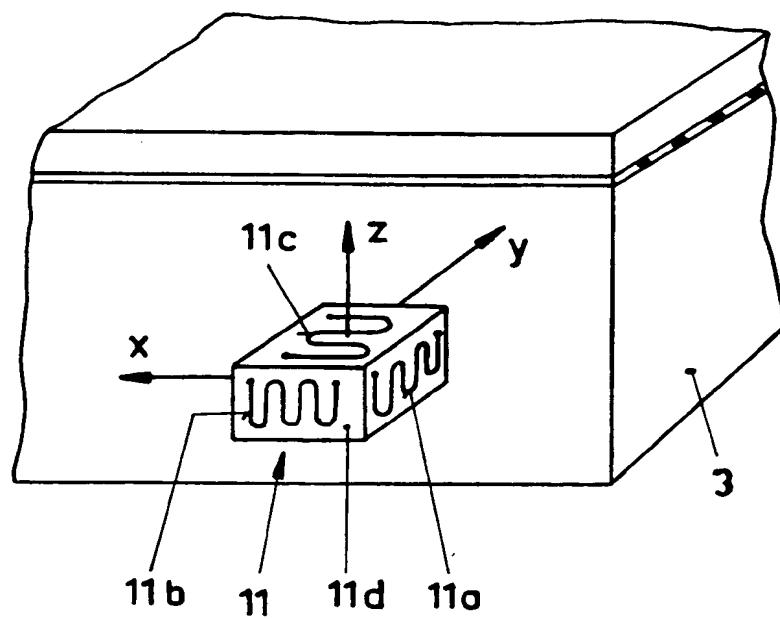
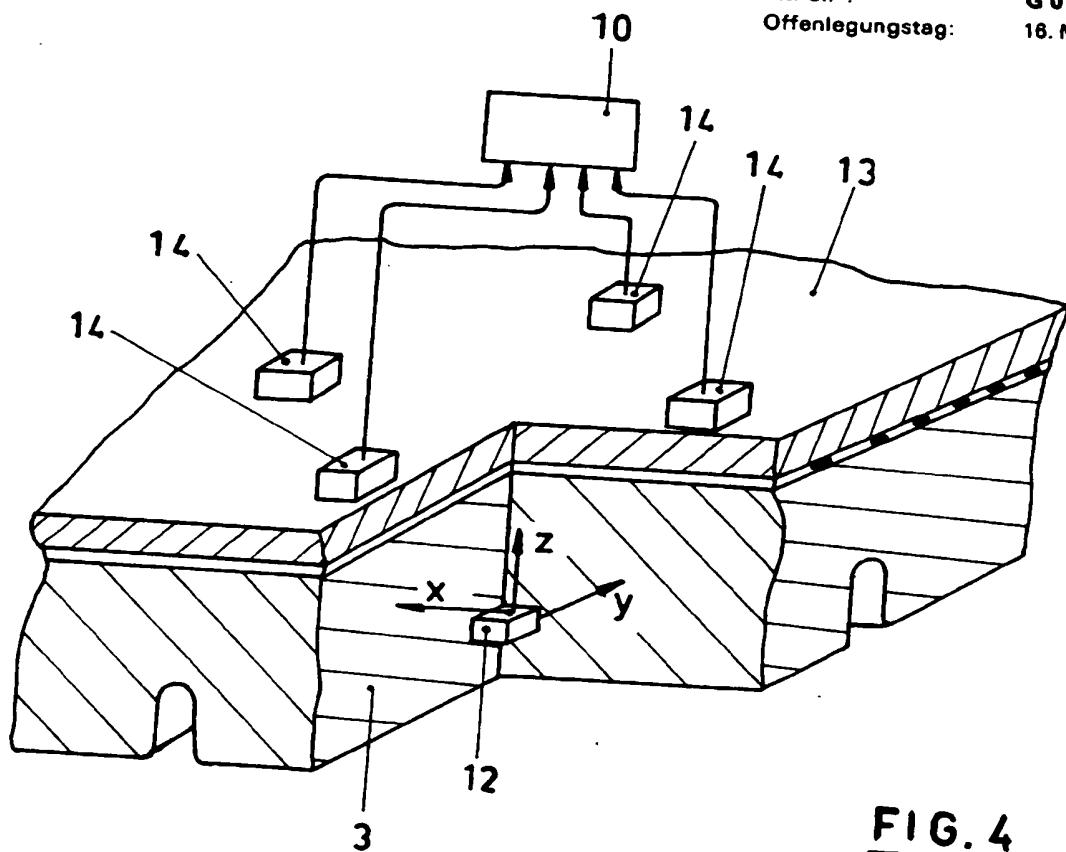
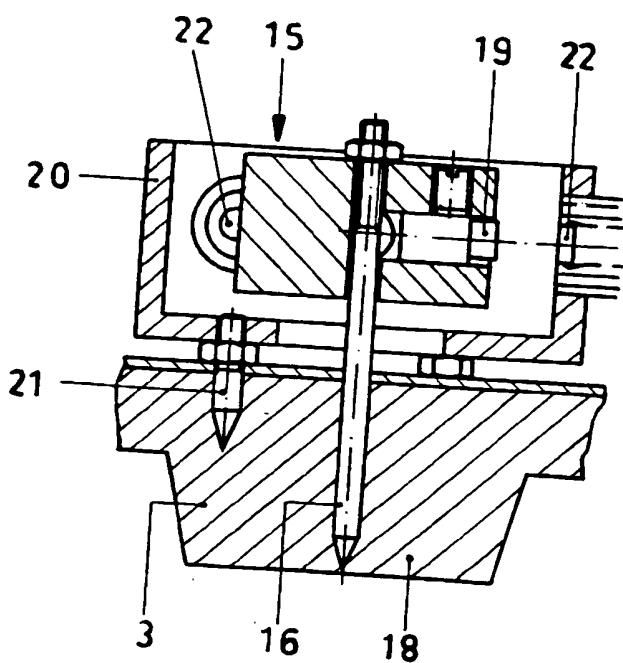


FIG. 3

FIG. 4FIG. 5